Quantificação dos estoques de biomassa de *Acacia mearnsii* de Wild. em diferentes idades e locais de cultivoQuantification of biomass stocks of *Acacia mearnsii* de Wild. in different ages and places of cultivation**Sérgio Costa Junior¹, Dimas Agostinho da Silva¹, Carlos Roberto Sanquetta¹, Alexandre Behling¹, Augusto Arlindo Simon², Jonathan William Trautenmuller¹ e Fernando Augusto Ferraz¹****RESUMO**

As plantações de acácia-negra geram múltiplos produtos a partir de sua biomassa. Do fuste é retirada a casca, utilizada para a extração de taninos e também a madeira, na produção de celulose, carvão, pellets, lenha entre outros fins. A biomassa da copa pode ser utilizada para a geração de energia. Portanto, é importante conhecer os estoques de biomassa dos povoamentos de acácia-negra em seus diferentes componentes (copa e fuste). Assim, esta pesquisa teve como objetivo quantificar os estoques de biomassa dos povoamentos da espécie em idades: 0 a 2, 2 a 4, 4 a 6 e acima de 6 anos e em três diferentes locais de cultivo: Cristal, Encruzilhada do Sul e Piratini, de modo a verificar quão esses fatores interferem na produção de biomassa total e dos componentes: copa e fuste. Para tanto, procedeu-se com a amostragem de povoamentos comerciais da espécie. Os estoques de biomassa foram obtidos por meio de equações da literatura ajustadas para a mesma base de dados. Por meio das estimativas de biomassa obtidas nas parcelas foi possível gerar os estimadores para a unidade de área hectare. Os fatores idade e local influenciaram de forma distinta os estoques de biomassa total e dos componentes: copa e fuste. Os povoamentos que apresentaram maior estoque de biomassa total e para os componentes biomassa do fuste e biomassa da copa para as idades de 0 a 2 anos foram os de Cristal com 24,10 - 15,15 e 8,95 Mg.ha⁻¹, respectivamente. Já para as de 2 a 4 anos os de Piratini apresentaram 61,04 - 45,94 e 15,11 Mg.ha⁻¹. Entre 4 e 6 anos foram os de Encruzilhada do Sul com 107,41 - 86,91 e 20,50 Mg.ha⁻¹. Por fim, para os acima de 6 anos os de Piratini com 141,71 - 117,42 e 24,28 Mg.ha⁻¹.

PALAVRAS CHAVE: produção de biomassa, componentes da biomassa, acácia-negra, ciclo de cultivo**ABSTRACT**

Plantations of black wattle (*Acacia mearnsii*) provide multiple products due to its biomass. The bark is removed from the stem and used for the extraction of tannins. Its wood is employed in the production of cellulose, coal, pellets, firewood, among others. The tree crown biomass can be used for power generation. Therefore, it is essential to know the biomass stocks of black-wattle stands as for their components (crown and stem). The objective of this research was to quantify the biomass stocks of black-wattle stands according to their ages (0 to 2, 2 to 4, 4 to 6 and over 6 years old) and at three different cultivation sites (Cristal, Encruzilhada do Sul and Piratini) in order to verify how these factors interfere in the production of total biomass and in crown and stem biomasses. Thus, commercial stands of the species were sampled. Biomass stocks were obtained through equations found in the literature, which were adjusted to the same database. Estimators for the area unit (hectare) were generated based on the estimates of biomass obtained in the plots. Age and location were factors that influenced differently the stocks of total biomass as well as crown and stem biomasses. The locations with the largest stock of total biomass, stem biomass and crown biomass were as follows: for ages 0 to 2 years in Cristal, with 24.10, 15.15 and 8.95 Mg.ha⁻¹, respectively. For ages 2 to 4 years in Piratini, with 61.04, 45.94 and 15.11 Mg.ha⁻¹. For ages 4 to 6 years in Encruzilhada do Sul, with 107.41, 86.91 and 20.50 Mg.ha⁻¹. Finally, for over 6 years in Piratini, with 141.71, 117.42 and 24.28 Mg.ha⁻¹.

KEYWORDS: production of biomass, components of biomass, black wattle, cultivation cycle

1. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, UFPR. Curitiba / PR, Brasil.
E-mail: o.sergio.costa@gmail.com

2. Tanagro S/A. Montenegro / RS, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Biomassa, em especial a florestal, vem ganhando destaque como matéria prima renovável em diversos processos industriais, dentre eles a produção de energia. De acordo com Lopes, Brito e Moura (2016) a biomassa florestal é uma alternativa de fonte energética: renovável, técnica, econômica e ambientalmente viável. As principais espécies dendrocombustíveis utilizados no Brasil são as dos gêneros *Acacia* e *Eucalyptus* (TELLES et al., 2016). Caron et al. (2015), verificaram em experimentos, que à produção de biomassa das espécies eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) e acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) foram as que obtiveram maior destaque dentre as estudadas.

Desse modo, cultivar florestas de acácia-negra se tornou uma atrativa atividade econômica e tem trazido benefícios para diversos produtores, especialmente, de pequenas e médias propriedades rurais. Essa atratividade é devida: i) geração de renda, ii) redução da jornada de trabalho, iii) aproveitamento de áreas com uso restrito para agricultura e iv) integração com outros cultivos agrícolas e com a pecuária (MOCHIUTTI, 2007). Os benefícios do cultivo da espécie já se expandem para mais de 40 mil pequenos produtores que trabalham com a acacicultura no Estado do Rio Grande do Sul. (BOZZETTO, 2015). Ainda, além dos atrativos econômicos e sociais a cultura promove a fixação biológica do nitrogênio no solo e do carbono em sua biomassa, removendo o dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosfera, bem como a ciclagem de nutrientes (SANQUETTA et al., 2014). O que, certamente, é mais um ponto a ser considerado.

De acordo com Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), no ano de 2015 os plantios de acácia ocupavam uma área maior que 160 mil hectares. Segundo Mochiutti (2007) é uma espécie de rápido crescimento, que alcança sua taxa máxima entre 3 e 5 anos de idade. Sua rotação comercial se estende entre 7 a 10 anos, quando a floresta é colhida gerando múltiplos produtos. A casca é matéria prima para a extração do tanino, sendo a principal fonte de matéria prima para a indústria em nível mundial (SIMON, 2005). A madeira é utilizada na produção de celulose e papel, além de seu emprego tradicional como lenha e carvão (RESENDE et al., 1992). A biomassa de copa (galhos e folhas) apresenta potencial para ser utilizada na geração de energia. Por essa razão, a importância em conhecer a produção em biomassa total e também dos componentes fuste e copa.

A copa das árvores é o componente da biomassa que mais recebe carboidratos durante seu estágio inicial de desenvolvimento. Posteriormente as copas começam a competir entre si e é quando a produção relativa do tronco aumenta e a das folhas e dos ramos diminui gradativamente (CALDEIRA et al., 2015). Nesse sentido, alguns resultados de pesquisas conduzidas em povoamentos de acácia-negra no Rio Grande do Sul são interessantes: i) com o avanço da idade dos povoamentos, a proporção de madeira e casca tende a aumentar, representando aproximadamente 80% da biomassa total quando considerada uma rotação de 7 anos (SANQUETTA et al., 2014); ii) os componentes da parte aérea das árvores tem sua biomassa distribuída na ordem: lenho > galhos > casca > folhas (SCHNEIDER et al., 2004); iii) ou também madeira > casca > galhos > folhas (PEREIRA et al., 1997).

A alocação de carboidratos resultantes da fotossíntese nos diferentes componentes de uma árvore pode ser alterada em função da espécie, da densidade de plantio e dos fatores edafoclimáticos do sítio onde essa se encontra (SCHUMACHER; WITSCHORECK; CALIL, 2011). Portanto diferentes locais de cultivo e idades podem apresentar alterações na produção de biomassa por componente, e consequentemente mudanças na receita disponível para o produtor.

Deste modo, quantificar o estoque dos diferentes componentes da biomassa, em especial para o fuste e para copa, nos povoamentos de acácia-negra é essencial para auxiliar na tomada de decisões tanto por parte das empresas que cultivam a espécie e que também adquirem a matéria prima de terceiros, como por parte dos produtores rurais que detêm os povoamentos e comercializam sua biomassa. Logo, este trabalho teve como objetivo avaliar o estoque de biomassa total e dos componentes da biomassa da copa e do fuste de acácia-negra em povoamentos com diferentes idades e situados em três locais de cultivo. Adicionalmente, comparar os valores de estoques de biomassa obtidos com os apresentados em trabalhos na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem em povoamentos de acácia-negra

Na pesquisa conduzida durante o mês de julho de 2014 em povoamentos comerciais de *Acacia mearnsii* De Wild., pertencentes a empresa TANAC/TANAGRO S.A., foram selecionados povoamentos em três regiões denominadas: Cristal, Encruzilhada do Sul e Piratini no estado do Rio Grande do Sul.

Em cada local, foram amostrados quatro povoamentos, em Cristal foram amostrados povoamentos com: 1,75 - 2,75 - 5,00 e 10 anos, em Encruzilhada do Sul com: 1,83 - 3,08 - 5,75 e 10,75 anos e, em Piratini com 1 - 2,33 - 5,25 e 9,83 anos. Os povoamentos foram agrupados em classes de idades, conforme está apresentado na Tabela 1.

Em cada parcela experimental foram coletadas três amostras de solo em três profundidades: 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, perfazendo ao todo 144 amostras compostas, sendo 48 para cada profundidade. Essas foram encaminhadas para análises ao laboratório de solos da Universidade Federal de Santa Maria o que determinou a classificação dos solos dos povoamentos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), conforme está apresentado na Tabela 1.

Os valores referentes às variáveis meteorológicas: precipitação (PP), temperatura máxima (T_{máx}), temperatura média (T_{méd}), temperatura mínima (T_{min}) e umidade relativa do ar (UR), para o período de crescimento de cada povoamento foram obtidas das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Pelotas e Encruzilhada do Sul. Os valores médios estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de idade, classificação dos solos e média das variáveis meteorológicas: precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e umidade relativa do ar, para os períodos de crescimento dos povoamentos de acácia-negra amostrados no estado do Rio Grande do Sul.

Table 1. Age class, classification of soil, and average meteorological variables: precipitation, maximum temperature, mean temperature, minimum temperature and relative humidity, for periods of growth of black wattle forest sampled in the State of Rio Grande do Sul.

Local	Idade (anos)	Classes de Idade (anos)	Solo	PP (mm)	T _{máx} (°C)	T _{méd} (°C)	T _{min} (°C)	UR (%)
Cristal	1,75	0 a 2	PVA	1.448	23,80	18,37	14,28	82,11
	2,75	2 a 4	PBAC	1.271	23,87	18,23	14,00	81,69
	5	4 a 6	PBAC	1.326	23,32	17,88	13,76	82,10
	10	acima de 6	PVAd	1.251	23,39	17,93	13,82	81,80
Encruzilhada do Sul	1,83	0 a 2	RRd	1.028	23,00	17,17	13,08	75,60
	3,08	2 a 4	SXe	1.113	22,78	16,84	12,73	74,81
	5,75	4 a 6	PVAe	1.354	23,41	17,45	13,41	75,66
	10,75	acima de 6	RRd	1.415	23,38	17,48	13,45	75,44
Piratini	1	0 a 2	RL	1.697	23,43	18,19	14,33	83,37
	2,33	2 a 4	PVAd	1.237	23,33	17,77	13,59	81,79
	5,25	4 a 6	PVAd	1.316	23,21	17,74	13,62	82,18
	9,83	acima de 6	RL	1.266	23,49	18,03	13,91	81,76

Em que PP: precipitação em (mm); T_{máx}: temperatura máxima em (°C); T_{méd}: temperatura média em (°C); T_{min}: a temperatura mínima em (°C); UR: umidade relativa do ar em (%); PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PBAC: Argissolo Bruno-Acizentado; PVAd: Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico; RRd: Neossolos Regolítico Distrófico; SXe: Planossolo Háplico Eutrófico; PVAe: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico; RL: Neossolo Litolítico.

Instalações de parcelas e mensuração de variáveis dendrométricas

Foram instaladas quatro parcelas circulares em cada povoamento, alocadas de forma aleatória e com diâmetro de 22,56 m (área de 400 m²). Nessas foram mensuradas as variáveis: circunferência à altura do peito (cap), altura total (ht), contabilizados o número de falhas e de árvores mortas. O estudo envolveu a instalação de 48 parcelas temporárias, bem como a mensuração de 3.462 pares de valores referentes a circunferência à altura do peito e a altura total

O cap foi mensurado utilizando-se uma fita dendrométrica e ht um hipsômetro (Haglöf). Árvores bifurcadas abaixo do cap foram consideradas árvores individuais. A altura dominante foi obtida pela mensuração das 4 árvores mais grossas por parcela, de forma a obter a altura dominante de Assmann.

Estoques de biomassa

As estimativas dos componentes da biomassa (copa e fuste) e biomassa total foram realizadas para cada árvore a partir dos dados medidos nas parcelas. Para isso, foram utilizados os sistemas de equações de biomassa para acácia-negra, que foram desenvolvidos e apresentados em Behling (2016). Os sistemas de equações de biomassa foram desenvolvidos com dados oriundos do mesmo experimento e propostas em relação à idade dos povoamentos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Sistemas de equações e modelos ajustados para estimativa do estoque de biomassa por componente em povoamentos de acácia-negra amostrados no estado do Rio Grande do Sul.

Table 2. Systems of equations and models adjusted for stock biomass estimate for component in black wattle forest sampled in the State of Rio Grande do Sul.

Sistemas de equações	Idade dos povoamentos (anos)	Modelos	Número de árvores do ajuste
1	1		73
2	1,75 – 1,83	$\hat{B}_C = \beta_{11} (d^2 h)^{\beta_{12}} + \varepsilon_C$	117
3	2,33 – 3,08	$\hat{B}_F = \beta_{21} (d^2 h)^{\beta_{22}} + \varepsilon_F$	166
		$\hat{B}_{Total} = \beta_{11} (d^2 h)^{\beta_{12}} + \beta_{21} (d^2 h)^{\beta_{22}} + \varepsilon_{Total}$	
4	5 – 5,75		158
5	9,83 – 10,75	$\hat{B}_C = \beta_{11} (d^2 h)^{\beta_{12}} + \varepsilon_C$	185
		$\hat{B}_F = \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3} + \varepsilon_F$	
		$\hat{B}_{Total} = \beta_{11} (d^2 h)^{\beta_{12}} + \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3} + \varepsilon_{Total}$	

Em que $\hat{B}_C$, $\hat{B}_F$, $\hat{B}_{Total}$: estimativas de biomassa de copa, fuste e total (Mg); d: diâmetro à altura do peito (cm); h: altura total; β_i : coeficientes do modelo.

Os modelos de Spurr (1952) e Schumacher-Hall (1933) foram selecionados para modelar a biomassa dos componentes. O modelo para a biomassa total foi composto como uma função de variáveis independentes a partir das equações de cada componente, como apresentado na Tabela 2.

Os sistemas de equações foram ajustados por regressões não lineares aparentemente não relacionadas (PARRESOL, 2001), utilizando um conjunto de dados composto por 670 árvores de acácia-negra (Detalhes em Behling, 2016). As equações ajustadas, o peso $\hat{\sigma}^2$ (aplicado para estabilizar a variância dos resíduos) e as estatísticas de ajuste estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Equações ajustadas, peso $\hat{\sigma}^2$ e suas estatísticas de ajustes, para estimativa do estoque de biomassa por componente em povoamentos de acácia-negra amostrados no estado do Rio Grande do Sul.

Table 3. Equations set, weight functions $\hat{\sigma}^2$ and good fitness for estimating the stock of biomass per component in black wattle forest sampled in the State of Rio Grande do Sul.

S	Equação	Peso	$\bar{R}^2$ (%)	CV (%)	WT
1	$\hat{B}_C = 0,205422 (d^2 h)^{0,459328}$	$\hat{\sigma}^2 = 1$	69,58	21,98	2,57 ^{ns}
	$\hat{B}_F = 0,17493 (d^2 h)^{0,506569}$	$\hat{\sigma}^2 = 1$	84,19	16,03	9,63 ^{ns}
	$\hat{B}_{Total} = \hat{B}_C + \hat{B}_F$	$\hat{\sigma}^2 = 1$	81,15	16,88	1,65 ^{ns}
2	$\hat{B}_C = 0,032844 (d^2 h)^{0,827296}$	$\hat{\sigma}^2 = 1$	64,37	31,38	1,77 ^{ns}
	$\hat{B}_F = 0,052046 (d^2 h)^{0,837992}$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2 h)^{0,56511}$	92,99	12,41	11,93 ^{ns}
	$\hat{B}_{Total} = \hat{B}_C + \hat{B}_F$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2 h)^{0,485465}$	89,29	15,26	4,78 ^{ns}
3	$\hat{B}_C = 0,003320 (d^2 h)^{1,079325}$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2 h)^{1,264866}$	89,84	24,81	1,28 ^{ns}
	$\hat{B}_F = 0,039548 (d^2 h)^{0,899084}$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2 h)^{1,334049}$	95,31	13,30	6,06 ^{ns}
	$\hat{B}_{Total} = \hat{B}_C + \hat{B}_F$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2 h)^{1,670747}$	95,97	12,95	1,62 ^{ns}
Z	$\hat{B}_C = 0,004438 (d^2 h)^{1,010899}$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2 h)^{0,945054}$	80,58	29,67	6,33 ^{ns}
	$\hat{B}_F = 0,051517 d^{1,979083} h^{0,692747}$	$\hat{\sigma}^2 = d^{4,002528} h^{-0,716350}$	95,24	13,32	6,21 ^{ns}
	$\hat{B}_{Total} = \hat{B}_C + \hat{B}_F$	$\hat{\sigma}^2 = d^{3,539289} h^{0,052788}$	95,38	13,15	12,11 ^{ns}

Em que S: sistema; $\bar{R}^2$: coeficiente de determinação ajustado; CV: coeficiente de variação; WT: teste de White aplicado para verificar o pressuposto de homogeneidade dos resíduos das equações componentes e para a equação do total; (ns): aceitação da hipótese da nulidade testada por meio do teste de White a 95% de probabilidade.

Tabela 3. Continuação...

Table 3. Continued...

S	Equação	Peso	$\bar{R}^2$ (%)	CV (%)	WT
5	$\hat{B}_C = 0,001216(d^2h)^{1,165186}$	$\hat{\sigma}^2 = (d^2h)^{1,236776}$	82,39	38,98	5,37 ^{ns}
	$\hat{B}_F = 0,053628d^{1,967389}h^{0,736520}$	$\hat{\sigma}^2 = d^{4,514350}h^{-0,595380}$	95,84	13,24	6,63 ^{ns}
	$\hat{B}_{Total} = \hat{B}_C + \hat{B}_F$	$\hat{\sigma}^2 = d^{4,786551}h^{-0,249140}$	95,86	13,89	9,15 ^{ns}

Em que S: sistema; $\bar{R}^2$: coeficiente de determinação ajustado; CV: coeficiente de variação; WT: teste de White aplicado para verificar o pressuposto de homogeneidade dos resíduos das equações componentes e para a equação do total; (^{ns}): aceitação da hipótese da nulidade testada por meio do teste de White a 95% de probabilidade.

Por meio desses sistemas de equações foi estimada a biomassa de cada componente para cada indivíduo nas parcelas a partir dos valores de dap e ht. Em seguida foi calculado o estoque de biomassa de cada componente por parcela e por hectare.

A partir das variáveis dap e ht, oriundas das parcelas, e dos sistemas de equações já apresentados, foram obtidos os estoques de biomassa por parcela e por meio desses foi realizada a extrapolação para a unidade de área de 1 hectare, conforme a equação 1. Por fim foi apresentada a porcentagem de falhas e árvores mortas por unidade de área.

$$Bi = \frac{\sum bi \cdot 10.000}{S} \quad (1)$$

Em que: Bi é a biomassa de cada componente estimada por hectare em ($Mg \cdot ha^{-1}$), bi é a biomassa de cada componente estimada para cada indivíduo em (Mg), e S o tamanho da área amostradas em (m^2).

Análises dos dados

Tendo sido calculados os estoques de biomassa para a unidade hectare, foram também realizados os cálculos das proporções dos componentes fuste e copa, conforme a equação 2.

$$Bi_{\%} = \frac{Bi \cdot 100}{B_T} \quad (2)$$

Em que: $Bi_{\%}$ é a porcentagem da biomassa de cada componente em relação a biomassa total, Bi é a biomassa de cada componente em ($Mg \cdot ha^{-1}$), B_T é a biomassa total em ($Mg \cdot ha^{-1}$).

Os estoques de biomassa dos povoamentos foram comparados por meio da análise de variância, valendo-se do modelo do delineamento inteiramente casualizado, a fim de testar a interação entre os fatores (idade e local) e também os efeitos principais. A fim de avaliar a homogeneidade da variância e a normalidade dos dados aplicou-se o teste de Bartlett e de Shapiro-Wilks, respectivamente. Foi verificado que as variâncias eram heterogêneas e procedeu-se a aplicação do logaritmo na base de dados, de forma a homogeneizá-las. Tendo sido constatada a rejeição da hipótese da nulidade na análise de variância foi aplicado o teste de Tukey para discriminar as médias. Todas as análises foram realizadas a 5% de probabilidade de erro.

Os estoques de biomassa por componentes dos povoamentos amostrados foram comparados com os valores observados na literatura, para isso foi aplicado o teste de t para uma amostra. Os valores dos estoques foram comparados com os trabalhos desenvolvidos por Barichello, Schumacher, Vogel (2005), Caldeira et al. (2011; 2001); Ross (2004), Sanquetta et al. (2014) e Schumacher et al. (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios de diâmetro a altura do peito, altura total e altura dominante, os estimados de biomassa de copa, fuste e total e os percentuais de falhas e árvores de mortas por unidade de área dos povoamentos de acácia-negra amostrados no estado do Rio Grande do Sul estão apresentados na Tabela 4.

As variáveis dap, ht e h_{dom} médios por hectare, dos povoamentos entre 0 e 2 anos de Cristal e Encruzilhada do Sul apresentaram pequena discrepância entre si, sendo o primeiro o que obteve os maiores valores sendo 7,2 cm, 7,8 m e 8,9 m respectivamente. Para as mesmas variáveis, entre 2 e 4 anos, o povoamento de Piratini apresentou o maior valor médio de 10,5 cm, 12,8 m e 14,7 m. Nas idades

Tabela 4. Valores médios de diâmetro e altura, valores médios estimados de biomassa de copa, fuste e total por hectare, e o percentual de falhas e árvores mortas dos povoamentos amostrados de acácia-negra no estado do Rio Grande do Sul.

Table 4. Average values of diameter and height, estimated average values of biomass of crown, stem and total per hectare, and the percentage of failures and dead trees of the sampled forest of black wattle in the State of Rio Grande do Sul.

Local	Idade	DAP	HT	H _{dom}	B _c	B _f	B _t	Falhas	Mortas
Cristal	1,75	7,2	7,8	8,9	8,95	15,15	24,10	11%	1%
	2,75	8,3	11,2	12,9	10,78	36,63	47,41	4%	4%
	5	10,6	13,9	16,1	15,02	65,89	80,91	14%	3%
	10,08	13,0	16,6	18,7	23,63	114,51	138,14	19%	13%
Encruzilhada do Sul	1,83	6,4	7,1	8,5	7,00	11,82	18,81	5%	0%
	3,08	8,4	10,8	12,2	9,54	32,39	41,93	6%	3%
	5,75	11,9	15,5	17,4	20,50	86,91	107,41	20%	3%
	10,75	12,6	16,3	19,4	22,02	107,56	129,58	14%	14%
Piratini	1	2,0	2,9	3,8	1,23	1,19	2,42	7%	0%
	2,33	10,5	12,8	14,7	15,11	45,94	61,04	17%	0%
	5,25	11,1	13,4	15,4	15,66	69,46	85,12	8%	3%
	9,83	13,9	15,0	17,5	24,28	117,42	141,71	38%	4%

Em que DAP: diâmetro à altura do peito (cm); HT e H_{dom}: alturas e as alturas dominantes (m); B_c, B_f e B_t: biomassa de copa, fuste e total respectivamente (Mg.ha⁻¹).

entre 4 e 6 anos o de Encruzilhada do Sul apresentou o maior valor médio de 11,9 cm, 15,5 m e 17,4 m. Já nos povoamentos com mais de 6 anos destacaram-se os de Piratini apresentando o maior dap médio de 13,9 cm, o de Cristal apresentando a maior ht média de 16,6 m e o de Encruzilhada do Sul com o maior h_{dom} médio de 19,4 m.

Considerando a biomassa de copa, fuste e total média, dentre os povoamentos com idade entre 0 e 2 anos, o de Cristal apresentou a maior produção de 8,95 - 15,15 e 24,10 Mg.ha⁻¹, respectivamente. Diferentemente, entre 2 e 4 anos destacaram-se os povoamentos de Piratini apresentando 15,11 - 45,94 e 61,04 Mg.ha⁻¹. Entre 4 e 6 anos os povoamentos de Encruzilhada do Sul se sobressaíram com produções de 20,50 - 86,91 e 107,41 Mg.ha⁻¹. Por fim, os povoamentos com mais de 6 anos em Piratini apresentaram maior produção com 24,28 - 117,42 e 141,71 Mg.ha⁻¹.

Constatou-se que as variáveis com maiores dimensões, dap, ht, h_{dom}, biomassa de copa, fuste e total quando comparadas dentro de cada idade, são as dos povoamentos que se encontram sob Argissolos. A exceção é dos povoamentos com mais de 6 anos, que se encontram sobre Neossolos. Isso se deve ao fato desse povoamento ter apresentado alto percentual de falhas, quando ainda jovem, em torno de (38%) o que ocasionou uma menor competição entre as plantas por recursos, consequentemente, os indivíduos alcançaram maiores dimensões, com exceção da altura total e altura dominante, uma vez que essa não é afetada por tratamentos silviculturais como espaçamento (MACHADO et al., 1997; SCHNEIDER et al., 2000).

Quanto ao percentual de falhas, o povoamento de Cristal entre 0 e 2 anos apresentou o valor mais elevado de 11%, entre 2 e 4 anos destacou-se o de Piratini com 17%. Já entre 4 e 6 anos o de Encruzilhada do Sul se sobressaiu com 20%. Por fim, o com mais de 6 anos de Piratini apresentou 38%. A percentagem de mortalidade foi mais elevada nos povoamentos com idade superior a 6 anos da região de Cristal e Encruzilhada do Sul sendo 13% e 14% respectivamente. Nas demais classes de idades e locais manteve-se abaixo de 5%. Para Barichello, Schumacher, Vogel (2005), essas falhas podem ser atribuídas a vários fatores tais como: qualidade de mudas, sistema de plantio, condições edafoclimáticas, aspectos genéticos, doenças, pragas, dentre outros.

O povoamento com idade entre 0 e 2 anos de Piratini apresentou grande discrepância quanto ao dap e ht em relação aos demais, com aproximadamente 1 ano de idade enquanto que os demais aproximam-se de 2 anos, devido ao crescimento da espécie durante a fase juvenil ser mais elevado. De modo geral, quando os povoamentos atingem maiores idades o crescimento é menor, o que contribuiu para uma pequena discrepância entre os valores médios dessas regiões.

Constatou-se uma tendência em que povoamentos com maior percentual de falhas, consequentemente menor densidade de plantas por unidade de área, menor competição por espaço, luz, água e nutrientes, apresentaram as maiores produções de biomassa de copa, fuste e consequentemente total, bem como

também maiores valores de dap. Schneider et al. (2000) verificaram que árvores de acácia-negra apresentaram maior crescimento em diâmetro quando possuíam um maior espaço vital.

Quando analisada a dispersão dos dados verificou-se que os povoamentos de Encruzilhada do Sul foram os que apresentaram as maiores variâncias e consequentemente os maiores intervalos de confiança para as variáveis dap, ht, biomassa de copa, fuste e total (Figura 1). Tal situação pode ser atribuída ao fato desses povoamentos estarem sobre diferentes tipos de solos com diferentes níveis de fertilidade.

Figura 1. Média e intervalo de confiança para as variáveis: diâmetro a altura do peito, altura total, biomassa de fuste, copa e total obtidas em povoamentos de acácia-negra amostrados no estado do Rio Grande do Sul.

Figure 1. Average and confidence interval for variables: diameter at breast height, total height, stem biomass, crown and total obtained in black wattle forest sampled in the State of Rio Grande do Sul.

Para os valores de biomassa de copa os intervalos de confiança são maiores do que quando comparado com os de biomassa de fuste, ambos seguem uma tendência de aumento conforme a percentagem de falhas. A mortalidade e o percentual de falhas não afetaram a produção de biomassa de um componente em relação ao outro.

A biomassa total dos povoamentos juvenis é composta por cerca de 40% de biomassa de copa e 60% de biomassa de fuste, quando atingem a maturidade por cerca de 20% e 80%, respectivamente. Há uma tendência da biomassa de copa dos povoamentos de acácia-negra decrescer à medida que os povoamentos envelhecem. Sanquetta et al. (2014), identificou essa tendência para povoamentos da espécie. Brand et al. (2014), em estudos com *Pinus taeda* L., também verificou que a quantidade de biomassa da copa diminui nas árvores mais velhas. Santana et al. (2008) observaram a mesma tendência com biomassa de *Eucalyptus*.

Com a finalidade de verificar a interação entre os fatores (Idade e Local), estão apresentados na Tabela 5 os resultados da análise de variância para a produção de biomassa seca. O teste de Bartlett aplicado para verificar a hipótese da homogeneidade das variâncias foi significativo. Isso já era esperado, pois conforme pode ser constatado na Figura 1 ocorre uma relação entre a média e a variância, ou seja, há uma tendência que na medida em que aumentam os valores médios da biomassa total e da biomassa dos componentes a variância desses também tende a aumentar. Por meio da aplicação do logaritmo na base de dados foi possível obter variâncias homogêneas, uma vez que se passou a não mais ter a relação de proporcionalidade entre a média e a variância.

Tabela 5. Resultados análise de variância para o estoque de biomassa por componente dos povoamentos amostrados de acácia-negra no estado do Rio Grande do Sul.

Table 5. Analysis of variance results for stock biomass for component of sampled forest of black wattle in the State of Rio Grande do Sul.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		$\hat{B}_C$	$\hat{B}_F$	$\hat{B}_T$
Local	2	0,76837*	1,57880*	1,21140*
Idade	3	6,57591*	20,31313*	15,49868*
Local x Idade	6	1,46333*	2,22487*	1,84803*
Coeficiente de Variação		6,89%	4,21%	3,95%
Coeficiente de determinação (R^2)		96,67%	98,94%	98,59%

Em que $\hat{B}_C = \log(B_C)$, $\hat{B}_F = \log(B_F)$, $\hat{B}_T = \log(B_T)$, B_C , B_F e B_T : biomassa de copa, de fuste e total em (Mg.ha⁻¹); *: significativo a 5% de probabilidade.

A análise de variância revelou existirem diferenças significativas dos estoques de biomassa por componente, entre o local e a idade dos povoamentos e para sua interação, ou seja, os fatores em estudo são dependentes ao nível de 5% de significância. Assim prosseguiu se com o teste de Tukey, onde os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Por meio do teste de Tukey foi verificado que a biomassa total e dos componentes: copa e fuste apresentaram um comportamento similar em relação a interação dos efeitos dos fatores idade e local. Nos povoamentos mais jovens o efeito do fator local foi evidenciado, entretanto na medida em que tal avaliação foi realizada nos povoamentos que se aproximaram da idade de rotação esse efeito não foi observado.

Algumas razões para que isso tenha ocorrido referem se a diferenciação das idades dos povoamentos dentro de cada classe de idade, material genético, e efeitos do ambiente. Caldeira et al. (2011), também atribuem este reflexo as variações dos fatores ambientais e da própria planta. Para esses autores a relação entre biomassa e produtividade primária é normalmente baixa em povoamentos jovens de rápido crescimento e é maior quando a maioria da energia é utilizada para manter o alto estoque de biomassa.

O fator idade apresenta um efeito distinto sobre a biomassa dos componentes: copa e fuste. O crescimento em biomassa de copa se mostra mais heterogêneo frente aos efeitos do fator idade. O teste de Tukey revelou que não houve diferença significativa para a biomassa de copa dos povoamentos nas classes de idades de 0 a 2 e 2 a 4 anos. de Cristal, os entre 2 e 4 e 4 e 6 de Piratini

Tabela 6. Resultados obtidos na aplicação do teste de Tukey para a comparação das médias dos estoques de biomassa por componente dos povoamentos amostrados de acácia-negra, para os locais e idades testadas.

Table 6. Results obtained in applying the Tukey test for comparison of the averages of the biomass stocks for component of sampled forest of black wattle, for the locations and ages tested.

Local x Idade								
$\hat{B}_C$								
Local	Classes de Idade (anos)							
	0 a 2		2 a 4		4 a 6		acima de 6	
Cristal	2,18949	aC	2,36741	bC	2,70358	bB	3,15994	aA
Encruzilhada do Sul	1,93622	bC	2,22348	bB	3,00008	aA	3,08544	aA
Piratini	0,1803	cC	2,71408	aB	2,74294	bB	3,18484	aA
$\hat{B}_F$								
Local	Classes de Idade (anos)							
	0 a 2		2 a 4		4 a 6		acima de 6	
Cristal	2,71607	aD	3,59430	bC	4,18272	bB	4,73982	aA
Encruzilhada do Sul	2,45984	bD	3,45824	bC	4,44902	aB	4,67455	aA
Piratini	0,14432	cD	3,82585	aC	4,23535	abB	4,76174	aA
$\hat{B}_T$								
Local	Classes de Idade (anos)							
	0 a 2		2 a 4		4 a 6		acima de 6	
Cristal	3,18019	aD	3,85150	bC	4,38801	bB	4,92716	aA
Encruzilhada do Sul	2,92518	bC	3,71390	bB	4,65999	aA	4,86035	aA
Piratini	0,85564	cD	4,11029	aC	4,43821	bB	4,94957	aA

Em que $\hat{B}_C = \log(B_C)$, $\hat{B}_F = \log(B_F)$, $\hat{B}_T = \log(B_T)$, B_C , B_F e B_T : biomassa de copa, de fuste e total em (Mg.ha⁻¹). Letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

e os entre 4 e 6 e acima de 6 de Encruzilhada do Sul. No primeiro caso, essa semelhança pode ser atribuída à pequena diferença de idade quantitativa entre os povoamentos. No segundo e terceiro caso apesar de haver um crescimento da biomassa de copa, sua proporção em relação à biomassa total apresenta uma forte redução.

Santana et al. (2008) em estudos com *Eucalyptus* observaram uma situação semelhante em que, entre seis meses e três anos e seis meses de idade, houve uma forte queda na percentagem de copa, já a partir disso, a proporção de copa reduziu lentamente, até os cinco anos, tornando-se mais estável a partir do sexto ano. Isso se deve ao fato da competição entre as copas das árvores ocorrerem muito cedo.

O fator idade apresentou um efeito homogêneo sobre o crescimento em biomassa do componente fuste para todos os locais testados, diferindo estatisticamente para todos os casos. Alguns autores, como Dick et al. (2016), Schumacher et al. (2011); Viera et al. (2013), constataram a tendência de acúmulo de biomassa no fuste, em função do aumento da idade do povoamento.

Para biomassa total, como esperado o teste revelou existir diferença significativa entre todas as idades estudadas, porém os povoamentos entre 4 e 6 anos e acima de 6 anos de Encruzilhada do Sul não apresentaram tal diferença. Nesse caso o povoamento em idade entre 4 e 6 anos alcançou a produção de biomassa total estatisticamente igual à do povoamento acima de 6 anos, porém em um intervalo de tempo menor. Caldeira et al. (2015) constataram que o estoque de biomassa está relacionada diretamente com a idade do plantio.

De modo geral verificou-se que quando os povoamentos atingem a idade de rotação a biomassa total e dos componentes copa e fuste não mais apresentam diferença significativa entre os locais de cultivo.

A produção da biomassa mensurada por componente foi comparada com os valores descritos na literatura, os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Para a biomassa do fuste, a maioria dos valores observados no experimento conduzido a campo, considerando as três diferentes regiões, diferiu significativamente dos observados na literatura. Esses valores apresentam uma semelhança maior com os observados por Sanquetta et al. (2014) e por Ross (2004), estando relacionado provavelmente ao fato de ambos serem coletados em regiões próximas.

Tabela 7. Comparação entre a produção dos componentes da biomassa dos povoamentos amostrados de acácia-negra das regiões de Cristal, Encruzilhadas do Sul e Piratini com os valores médios encontrados na literatura.

Table 7. Comparison between the production of biomass components of the sampled forest of black wattle Cristal regions, Encruzilhada do Sul and Piratini with average values found in the literature.

Classes de idade (anos)	Trabalhos	x	α C.	α E.	α P.
Biomassa do Fuste (Mg.ha⁻¹)					
0 a 2	Sanquetta et al. 2014	0	0,01%	0,11%	0,57%
2 a 4	Caldeira et al. 2001	25,09	1,65%	16,08%	0,06%
	Sanquetta et al. 2014	33,15	23,80%	85,96%	0,27%
4 a 6	Caldeira et al. 2011	53,71	0,55%	1,23%	1,11%
	Schumacher et al. 2001	46,72	2,37%	3,57%	61,06%
	Sanquetta et al. 2014	76,01	7,87%	30,37%	21,38%
acima de 6	Schumacher et al. 2001	98,83	0,34%	26,85%	0,59%
	Ross 2004	111,26	33,15%	52,89%	38,57%
	Sanquetta et al. 2014	108,39	11,80%	88,31%	23,43%
	Barichello, Schumacher e Vogel (2005)	93,28	0,48%	7,15%	2,86%
Biomassa da Copa (Mg.ha⁻¹)					
0 a 2	Sanquetta et al. 2014	3,39	0,05%	0,72%	0,09%
2 a 4	Caldeira et al. 2001	16,01	0,92%	2,34%	11,15%
	Sanquetta et al. 2014	19,66	0,20%	0,68%	0,15%
4 a 6	Caldeira et al. 2011	11,07	76,40%	38,62%	0,21%
	Schumacher et al. 2001	15,6	1,16%	2,78%	30,95%
	Sanquetta et al. 2014	23,7	0,26%	26,70%	0,59%
acima de 6	Schumacher et al. 2001	27,16	0,10%	6,61%	0,21%
	Ross 2004	30,9	0,44%	0,92%	1,86%
	Sanquetta et al. 2014	27,24	3,03%	3,85%	12,83%
	Barichello, Schumacher e Vogel (2005)	22,36	26,71%	83,33%	26,76%
Biomassa Total (Mg.ha⁻¹)					
0 a 2	Sanquetta et al. 2014	3,39	0,02%	0,19%	6,02%
2 a 4	Caldeira et al. 2001	41,10	14,58%	88,82%	0,15%
	Sanquetta et al. 2014	52,81	19,33%	13,97%	1,86%
4 a 6	Caldeira et al. 2011	64,78	1,26%	2,47%	12,47%
	Schumacher et al. 2001	62,32	1,91%	3,33%	52,22%
	Sanquetta et al. 2014	99,71	2,92%	53,96%	7,07%
acima de 6	Schumacher et al. 2001	125,99	0,25%	19,42%	0,45%
	Ross 2004	142,16	36,17%	15,64%	95,55%
	Sanquetta et al. 2014	135,63	55,05%	43,20%	47,70%
	Barichello, Schumacher e Vogel (2005)	115,64	0,92%	12,84%	4,02%

Em que $\bar{x}$: média da literatura; αC : valor de alfa para o local de cultivo Cristal; αE : valor de alfa para o local de cultivo Encruzilhada do Sul; αP : valor de alfa para o local de cultivo Piratini.

Para a biomassa de copa, a maioria dos valores observados no experimento diferiu significativamente dos observados na literatura. No entanto parte desses valores assemelha-se aos observados por Caldeira et al. (2011) e Barichello, Schumacher e Vogel (2005), estando relacionados ao fato da idade precisa ser mais próxima a dos povoamentos mensurados.

Para a biomassa total dos povoamentos de acácia-negra, 50% dos valores não diferiram significativamente dos observados na literatura. Esses valores se assemelham aos observado pelos autores citados quando discutido o componente fuste e copa, o que era esperado uma vez que os modelos ajustados levam em conta a aditividade biológica.

Assim na escolha de modelos estatísticos a fim de estimar os estoques de biomassa em povoamentos de acácia-negra deve-se optar por modelos ajustados com dados oriundos de locais próximos e em idades correlatas.

CONCLUSÕES

Os povoamentos que apresentam maior estoque de biomassa total e por componente: fuste e copa, entre 0 e 2 anos são os de Cristal com 24,10 – 15,15 e 8,95 Mg.ha⁻¹ respectivamente. Para as idades entre 2 e 4 anos os de Piratini apresentaram 61,04 - 45,94 e 15,11 Mg.ha⁻¹. Entre 4 e 6 anos os de

Encruzilhada do Sul com 107,41 - 86,91 e 20,50 Mg.ha⁻¹. Com mais de 6 anos foram os povoamentos de Piratini com 141,71 - 117,42 e 24,28 Mg.ha⁻¹.

Em povoamentos com idade entre 0 e 2 anos a biomassa do componente copa representa em torno de 40% e o fuste 60% da biomassa total. Em povoamentos acima de 6 anos a copa responde por aproximadamente 20% e o fuste a 80% da biomassa total.

Os estoques de biomassa total e por componentes: copa e fuste sofrem influência dos fatores idade e local, sendo os povoamentos entre 0 e 2 anos os que sofrem maior influência e os acima de 6 anos a menor.

Os estoques de biomassa mensurados diferem estatisticamente de grande parte dos apresentados na literatura.

AGRADECIMENTOS

À empresa TANAGRO/TANAC S.A. pela disponibilidade do material de estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 129-135, 2005.

BEHLING, A. **Modelagem da biomassa de árvores para assegurar aditividade dos seus componentes**. 2016. 117p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

BOZZETTO, V. **Aprendizagem e cultura organizacional: um estudo sobre demandas sociais na empresa Tanac S.A./Tanagro S.A.** 2015. 88 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.

BRAND, M. A.; STÄHELIN, T. S. F.; FERREIRA, J. C.; NEVES, M. D. Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 353-360, 2014.

CARON, B. O.; ELOY, E.; SOUZA, V. Q.; SCHMIDT, D.; BALBINOT, R.; BEHLING, A.; MONTEIRO, G. C. Quantificação da Biomassa florestal em plantios de curta rotação com diferentes espaçamentos. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p. 106-112, 2015.

CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F.; VIEIRA, M.; BALBINOT, R.; CASTRO, K. C. Biomassa e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.4, p.1027-1034, 2015.

CALDEIRA, M. V. W.; SAIDELLES, F. L. F.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O. Biomassa de plantio de *Acacia mearnsii* De Wild., Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 133-141, 2011.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; NETO, R. M. R.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, E. M. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay – Austrália. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.2, p.79-91, 2001.

DICK, G.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R.; SANTOS, J. C.; LUDVICHAK, A. A.; GUIMARÃES, C. C.; SOUZA, H. P. Quantificação da biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden estabelecido no Bioma Pampa. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p.1-9, 2016.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORE. **Relatório anual 2016**. São Paulo: IBÁ, 2017. 96 p. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf >. Acesso em: 29 mar. 2017.

LOPES, G. A.; BRITO, J. O.; MOURA, L. F. Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 679-686, 2016.

MACHADO, S. A.; OLIVEIRA, E. B.; CARPANEZZI, A. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S. Classificação de sítio para bracingais na região metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 35, p. 21-37, 1997.

MOCHIUTTI, S. **Produtividade e sustentabilidade de plantações de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul.** 2007. 270 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

PARRESOL, B. R. Additivity of nonlinear biomass equations. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.31, p.865-878, 2001.

PEREIRA, J. C.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Produção de biomassa em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 521-526, 1997.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R.; HELLER, J. B.; STEIN, P. P. Parâmetros genéticos e interação genótipo x ambiente em teste de procedência e progênies de Acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Boletim de Pesquisas Florestais**; Colombo, n.24/25, p.55-65, jan./dez. 1992.

ROSS, G. P. D. **Quantificação da biomassa num povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no município da Arroio dos Ratos.** 2004. 27p. Relatório de Estágio (Estágio Supervisionado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; SIMON, A.; PSCHIEDT, H.; RUZA, M. S.; MOCHIUTTI, S. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 361-370, 2014.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.; NOVAIS, R. F. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 697-706, 2008.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M.; GIACOMELLI SOBRINHO, V.; SCHNEIDER, P. S. P. Método de derivação do volume em biomassa e carbono: uma aplicação em *Platanus x acerifolia* (AITON) Wild. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL. Santa Maria, 2004, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. p.387-388

SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M. Crescimento da acácia-negra, *Acacia mearnsii* de Wild. em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.2, p.101-112, 2000.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R. CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 17-22, 2011.

SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; BARICHELLO, L. R.; CALDEIRA, M. V. W. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild. Em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2. Santa Maria, 2001. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2001. p.387-399.

SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933

SIMON, A. A. A cadeia produtiva da acácia-negra, aspectos econômicos, sociais e ambientais. In: STROHSCHOEN, A.G.; REMPEL, C. **Reflorestamento e recuperação ambiental**: Ambiente e tecnologia: o desenvolvimento sustentável em foco. Lajeado: Univates, 2005. p. 149-166.

SPURR, S.H. **Forest inventory**. New York: The Ronald PressCompany, 1952. 476 p.

TELLES, P.; INDA, A. V. C.; GEREMIA, A. R.; SANTOS, F. A. Dendroenergia: uma revisão. **Nucleus**, Ituverava, v. 13, n. 1, p. 131-142, 2016.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P.; ARAÚJO, E. F. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 1, p. 1-13, 2013.

Recebido em: 06/09/2017

Aceito em: 10/05/2018